



HÄRÄNVERI-KIDELASITE

Tutkimus häränveri- ja kidelasitteiden yhdistämisestä

Julius Rinne
Materiaalitutkimusraportti
Muotoilun koulutusohjelma
Muotoilun laitos
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Aalto-yliopisto
6.4.2018

Tiivistelmä

Tutkimukseni aiheena on kahden keramiikan lasitetyypin; kidelasitteen ja häränverilasitteen yhdistäminen. Kidelasitteet ovat lasitteita, joihin muodostuu tietyissä poltto-olosuhteissa jääkiteitä muistuttavia kiteitä. Häränverilasitteet ovat puolestaan kuparipitoisia lasitteita, jotka muuttuvat pelkistävässä eli hapettomassa poltossa punaisiksi.

Tavoitteeni on kokeiden avulla saada aikaan lasite, jossa yhdistyvät mahdollisimman hyvin molempien lasitteiden ominaisuudet: kiteet sekä punainen väri. Sekä kide- että häränverilasitteet ovat omalta osaltaan vaikeita saada aikaan, sillä niiden onnistuminen on monen tekijän summa. Molemmat lasitteet vaativat tietyt olosuhteet onnistuakseen. Tästä syystä lopputulos on lähes aina ennustamattomissa. Tämä ennalta- arvaamattomuus ja tulosten ainutlaatuisuus kiehtoo minua ja tuo haastetta tutkimukseen.

Tutkimusta varten tein yhdeksää eri lasitetta, joissa kaikissa oli sama kidelasitepohja, ja eri pitoisuudet häränverilasitetta aikaansaavia ainesosia.

Tutkimuksessa suoritin kolme polttokokonaisuutta, jotka poikkesivat toisistaan, sillä halusin tutkia myös polton ominaisuuksien vaikutusta lopputulokseen. Erilaisia polttomenetelmiä käyttämällä pyrin saavuttamaan haluamani ominaisuudet lasitteisiin.

Lopputuloksena sainkin aikaan lasitteita, joissa yhdistyvät sekä punainen väri että kiteet. Materiaalitutkimukseni antoi minulle paljon tietoa lasitteiden käyttäytymisestä sekä erilaisista poltoista. Näitä tietoja minä sekä muut aiheesta kiinnostuneet voivat hyödyntää tulevaisuudessa mahdollisissa jatkotutkimuksissa etsien vieläkin parempaa lasiteyhdistelmää, sillä kehityksen ja tutkimisen mahdollisuuksia aiheesta löytyy lähes loputtomasti.

Tutkimuksen pohjana on pääasiassa Sami Markkulan esitutkimus kidelasitteiden värjäämisestä¹ sekä John Brittin teos *The Complete Guide to High-Fire Glazes*²

¹ Markkula, S. 2016. Kidelasitteiden värit -esitutkimus kidelasitteiden värjäämiseen metalliyhdisteillä. Muotoilun laitos. Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu. Aalto-yliopisto. Tutkimusraportti.

² Britt, J. 2007. *The Complete Guide to High-Fire Glazes: Glazing & Firing at Cone 10*. Lark Books, U.S.

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
2 Menetelmä	5
2.1 Ensimmäinen vaihe	7
2.2 Toinen vaihe	8
2.3 Kolmas vaihe	9
3 Tulokset	10
3.1 Ensimmäinen vaihe	10
3.2 Toinen vaihe	11
3.3 Kolmas vaihe	13
4 Johtopäätökset	15
5 Lähteet	16
6 Liitteet	17
Liite 1. Yhdeksän lasitteen koesarjan reseptit	17
Liite 2. Neljän muunnellun lasitteen reseptit	18
Liite 3. Ensimmäisen polton koepalat	19
Liite 4. Toisen polton koepalat ja niiden pelkistysvaiheet	28
Liite 5. Muunnellun reseptin koesarjat ja niiden pelkistysvaiheet	46

1 Johdanto

Sekä häränveri- että kidelasitteet ovat mielestäni kiehtovia ja kauniita, minkä vuoksi halusin yhdistää niiden ainutlaatuiset ominaisuudet. Tavoittelemassani lasitteessa olisi näkyviä kiteitä sekä punaiseksi pelkistynyttä kuparia.

Tavallisesti sähköuunissa poltettaessa kuparilasitteet ovat sinivihreitä. Kaasu- ja puu-uuneissa on kuitenkin mahdollista tehdä pelkistävä poltto, jolloin hapen pääsy uuniin estetään tietyksi ajaksi. Onnistuneessa pelkistyspoltossa kuparilasitteet muuttuvat voimakkaan punaisiksi. Aalto-yliopistolla on käytössään kaasu-uuni, jolla pelkistyspoltot on tehty.

Kidelasitteet ovat lasitteita, jotka muodostavat erilaisia kiteitä. Kiteet aiheutuvat lasitteissa olevien sinkkioksidin ja kvartsin muodostamasta sinkkisilikaatista³.

Kidelasitteita on monia ulkonäöltään erilaisia, joista päädyin tavoittelemaan ”macrocrystalline” –tyyppistä kidettä. Eri muotoiset kiteet muodostuvat eri lämpötiloissa ja uunissa haudutuksella on merkitystä kiteiden ulkonäköön. Usean tunnin haudutuksessa kiteet muodostuvat hitaasti sulaan lasiin. Eri muotoisia ja kokoisia kiteitä voi saada aikaan mm. haudutuslämpötilan ”sahaamisella” edestakaisin.

Macrocrystalline-kiteet ovat suuria ja pyöreitä ja muistuttavat jääkiteitä talvisessa ikkunassa. Muita kidetyyppejä ovat mm. pienemmät ”microcrystalline”-kiteet, sekä neulamaiset ja kirveen muotoiset kiteet. Mielestäni juuri macrocrystalline-kiteet ovat kokonsa ja ulkonäkönsä vuoksi mielenkiintoisimpia ja vaikuttavimpia, joten aloin tavoitella niitä.

Kidelasitteiden kiteiden ja taustan väreihin vaikuttavat eri asiat, joita ei aina voi ennalta arvata.

En tiedä miten häränverilasite käyttäytyy yhdessä kidelasitteen kanssa, muuttuuko tausta, kiteet vai molemmat mahdollisesti punaisiksi?

³ Draney, Charles R. 1969. A Study of Macrocrystalline Glazes. Kansas State University

2 Menetelmä

Valitsin kidelasitteeni pohjaksi toisen Sami Markkulan käyttämistä kidelasitteista, Lasse Östmanin Base Crystal Glaze No 6713⁴ (**Taulukko 1.**), sillä Markkulan tutkimuksen perusteella kyseinen lasite osoittautui lupaavammaksi vaihtoehdoksi kiteiden muodostumisen ja jatkotutkimuksen kannalta. Lasitepohjaan lisättiin vielä 1% bentoniittia opettaja Eeva Jokisen suosituksesta, sillä sitä oli käytetty monissa John Brittin teoksen macrocrystalline-lasitteiden resepteissä.

Taulukko 1. Lasiteresepti Base Crystal Glaze No 6713.

Toteutuneessa tutkimuslasitteessa oli vielä lisänä 1g bentoniittia, ja vettä 130g

Base Crystal Glaze No 6713	100%
Kalimaasälpä	28,7
Bariumkarbonaatti	4,63
Dolomiitti	3,7
Sinkkioksidi	19,44
Litiumkarbonaatti	7,41
Kaoliini	2,78
Kvartsi	33,33

⁴ <http://www.stoneware.net/stoneware/glasyrer/crystal.htm>

Valmistin lasitepohjan yhdeksään astiaan, joihin kuhunkin lisättiin Eeva Jokisen suositusten mukaan häränverta aikaansaavia tinaoksidia (SnO_2) ja kuparikarbonaattia (CuCO_3) eri suhteissa. Tinaoksidin ja kuparikarbonaatin suhteet koelasitteissa on esitetty **Taulukossa 2**. Kaikkien yhdeksän koelasitteen täydelliset reseptit löytyvät **Liitteestä 1**.

Taulukko 2. Lasitepohjiin lisätyt tinaoksidi- ja kuparikarbonaattipitoisuudet.

Tinaoksidi (%)				
SnO_2				
<div> <div>2</div> <div>1,5</div> <div>1</div> </div>	2	2	2	
	1,5	1,5	1,5	
	1	1	1	
				Kuparikarbonaatti (%)
		0,2	0,6	1
		CuCO_3		

Lasitekoesarjoja varten valmistin valumassasta avovaluina pyöreitä lautasia (**Kuva 1.**), joiden halkaisija oli polton jälkeen n. 135 mm. Lautaset toimivat koepaloinani ja lasitin ne koelasitteilla ainoastaan sisäpuolelta. **Taulukosta 3.** ilmenee palojen lasitusjärjestys. Laakea lautanen on hyvä tähän tarkoitukseen, sillä kidelasitteet ovat erittäin valuvia sulaessaan poltossa. Kun lautanen on lasitettu pelkästään sisäpuolelta, lasite voi valua polton aikana kaikessa rauhassa, eikä uunilevyjen sotkeutumisesta tarvitse huolehtia. Lautasten lasittaminen tapahtui kaatamalla lautasen keskelle n. 2 ruokalusikallista lasitetta, ja pyörittämällä lasitetta lautasessa niin kauan, kunnes kaikki vesi lasitteesta oli imeytynyt eikä lasite ollut enää juoksevaa.

Taulukko 3. Lasitteiden ja koepalojen numerointijärjestys.

7	8	9
4	5	6
1	2	3



Kuva 1. Raakapoltettu koepalalautanen

Kaikki koepalani oli tarkoitus polttaa kaasuuunissa saaden mahdolliseksi häränveren muodostumisen lasitteessa. Yliopiston kaasuuuni on korkea ja sen kaasusuuttimet sijaitsevat uunin alaosassa, joten uunin ylä- ja alaosissa on väistämättä huomattava lämpötilaero, uunin alaosassa ollen kuumempaa kuin ylhäällä. Lämpötilaero uunin sisällä tarjoaa kuitenkin yhden otollisen tutkimuskohteen lisää poltto-olosuhteiden vaihtelusta. Tästä syystä lasitin polttoihin kaksi sarjaa (2 x 9), toisen laitettavaksi uunin alaosaan ja toisen yläosaan. Näin voitaisiin saada vertailutuloksia lämpötilan mahdollisesta vaikutuksesta lasitteen lopputulokseen.

Valitettavasti kaasuuunin alempi lämpömittari ei ollut toiminnassa, joten lopulta poltot suoritettiin seuraamalla ainoastaan ylälämpömittaria. Näin ollen uunin alaosan lämpötilaa en voinut seurata tarkasti, vaan arvioin sen lämpötilan olettaen alalämpötilan olevan n. 40-50 astetta ylälämpömittarin lukemaa korkeampi. Todellisuudessa eroa en voinut tietää, joten tästä aiheutui jonkin asteinen virhemarginaali.

John Brittin korkean polton lasitekirjassa esitellään erilaisia polttoesimerkkejä kidelasitteille.

Kirjan mukaan pyöreitä macrocrystalline-kiteitä saa aikaan ensin nostamalla lämpötilan korkeaksi 1288 asteeseen, jonka jälkeen tarvitaan usean tunnin haudutus 1066 asteessa. (Britt 2007, 144)

Tutkimuksessani pyrin vastaavanlaiseen polttoon. Alalämpömittarin puutteesta huolimatta poltin kaasuuunia siten, että alalämpötila vastasi haluttuja lämpötiloja olettaen sen olevan 40-50 astetta ylälämpömittarin lukemaa korkeampi.

Tutkimukseen kuului kolme vaihetta:

2.1 Ensimmäinen vaihe

Ensimmäisessä vaiheessa lasitin kaksi yhdeksän koepalan sarjaa lasitteilla 1-9 poltettavaksi kaasuuunin ylä- ja alaosissa.

Jokainen koepala nimettiin seuraavasti:

POLTON NUMERO (1-3) - SIIJAINTI KAASUUUNISSA (A = alaosa/Y = yläosa) - LASITTEEN NUMERO (1-9)
(1A1, 1A2, 1A3 jne.)

Ensimmäinen poltto suoritettiin kaasuuunissa toivoen, että kiteitä muodostuu sekä saadaan samalla aikaan häränverta pelkistysvaiheessa.

Poltto suoritettiin seuraavasti:

Lämpötilaa nostettiin jatkuvasti, kunnes ylälämpömittari saavutti halutun ”huipun” ja näytti 1240 astetta.

Lämpötila pudotettiin nopeasti 1063 asteeseen ja tehtiin 10 minuutin pelkistys sulkemalla ilmaluukut.

Lämpötila päätettiin pitää alhaalla vähän aiottua korkeammalla, jotta uunin yläosassa muodostuisi kiteitä. Haluttua korkeammassa lämpötilassa kiteitä kyllä pitäisi myös muodostua.

Seuraavien kahden tunnin aikana uunin lämpötilaa haudutettiin 1060 ja 1070 asteen välillä.

Ensimmäisen tunnin aikana uuni sai happea.

Toisen tunnin aikana tehtiin pelkistystä.

Sen jälkeen uuni sammutettiin ja sen annettiin jäähtyä.

2.2 Toinen vaihe

Toisessa vaiheessa kokeiltiin erilaista tekniikkaa halutun lopputuloksen saamiseksi.

Lasitin samoilla lasitteilla samalla tavalla kaksi yhdeksän koepalan sarjaa kaasu-uunia varten, mutta ennen kaasupolttoa tein esipolton sähköuunissa. Esipolton tarkoituksena oli saada aikaan kiteet koepaloihin.

Koska sähköuuni on lämpötilan hallittavuudeltaan vakaampi kuin kaasu-uuni, kiteitä oletettiin saatavan helpommin tällä tavalla.

Mutta koska häränverta ei voi syntyä sähköuunissa, tehtäisiin esipolton jälkeen lyhyt ja nopea pelkistyspoltto kaasu-uunissa, jonka lämpötila olisi tarpeeksi matala, jotteivat kiteet sulaisi, mutta kupari pelkistyisi häränverenpunaiseksi.

Koska käytössä olleen sähköuunin korkein ohjelmoitava lämpötila oli 1250 astetta, uunia haudutettiin 1250 asteessa 25 minuuttia, jolloin lämpötila nousee todellisuudessa korkeammaksi, jopa haluttuun 1288 asteeseen.

Sen jälkeen uuni jäähdytettiin 1066 asteeseen, jossa tehtiin 4 tunnin haudutus.

Pelkistyspoltossa pelkistys aloitettiin, kun ylälämpömittari näytti 675 astetta ja sitä jatkettiin aina 800 asteeseen asti, jolloin poltto lopetettiin.

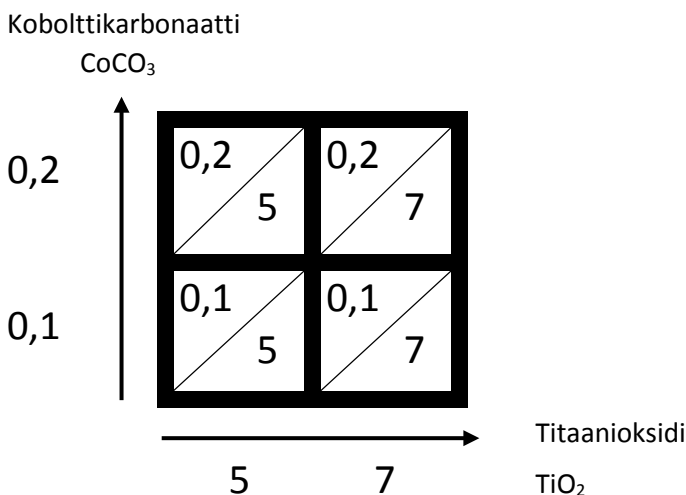
2.3 Kolmas vaihe

Kolmas vaihe oli hiukan erilainen. Päätin opettaja Eeva Jokisen vinkistä laittaa edellisen polton kummastakin koesarjasta palat 1, 3, 5, 7 ja 9 uudestaan pelkistyspolttoon.

Uudesta pelkistyspoltoista päätettiin tehdä erilainen ja katsoa, miten lasitteet siihen reagoivat.

Lisäksi valitsin koesarjasta häränveri-kidelasitteen numero 2 reseptin ja lisäsin siihen kiteisiin mahdollisesti vaikuttavia aineita, kobolttikarbonaattia (CoCO_3) sekä titaanioksidia (TiO_2), sillä niitä oli John Brittin kirjan kidelasiteresepteissä. Reseptin numero 2 valitsin pohjaksi, sillä siinä ilmeni aikaisemmin hyviä tuloksia sekä kiteiden että häränveren kannalta. Tästä ylimääräisestä muunnoskoesarjasta tein pienemmän, vain neljä lasitetta (**Taulukko 5.**). Koepaloja lasitin samalla tavalla kuitenkin sekä kaasuuunin ylä- että alaosa varten (2 x 4). Lasitin toiset neljä lautasta samalla tekniikalla kuin aikaisemmat koesarjat, ja toiset neljä siten, että puolet lautasesta oli lasitettu kaksinkertaisella määrällä lasitetta. Näin voitaisiin tutkia lasitteen paksuuden vaikutusta kiteiden muodostumiseen. Muunnellun lasitesarjan täydelliset reseptit löytyvät **Liitteestä 2.**

Taulukko 5. Ylimääräisen koesarjan kobolttikarbonaatti ja titaanioksidipitoisuudet.



Nimesin nämä koepalat seuraavalla tavalla:

POLTON NUMERO (3) - LASITUSTAPA (ei mitään =normaali/X =tuplakerros puolessa) - (1-4)M (=muunnos)

(3-1M, 3-2M, 3-3M, 3-4M, 3X1M, 3X2M, 3X3M, 3X4M)

Nämä kahdeksan koepalaa esipoltin myös ensin sähköuunissa, tällä kertaa ideaalilla ohjelmoinnilla, sillä käytössä oli maksimissaan 1300 asteeseen ohjelmoitava uuni.

Ensin lämpötila nostettiin 1288 asteeseen, ja haudutettiin siellä 15 minuuttia.

Sitten lämpötila tiputettiin 1066 asteeseen, ja haudutettiin siellä 4 tuntia.

Pelkistyspoltto tehtiin soveltamalla edellistä pelkistyspolttoja. Pelkistyksestä haluttiin voimakkaampi ja hiukan pitkäkestoisempi.

Niinpä pelkistys aloitettiin ylämittarin näyttäessä 700 astetta, ja pelkistys pidettiin mahdollisimman voimakkaana aina 800 asteeseen asti, jossa lämpötilaa haudutettiin vielä 10 minuuttia samalla yhä pelkistäen.

3 Tulokset

3.1 Ensimmäinen vaihe

Ensimmäisen polton tulokset näyttivät varsin lupaavilta (**Kuvat 2. ja 3.**). Kiteitä syntyi! Vaikka häränveri on melkein olemattomassa osassa koesarjoissa, se kuitenkin näyttää suunnan olevan oikea. Viidessä koepalassa oli häivähdyksiä punaisesta, eli pelkistystä oli tapahtunut, tosin ilmeisesti vain vähän. Pelkistys ei myöskään välttämättä ollut tarpeeksi voimakasta. Kaikki koepalat, joissa rusehtavaa punaista väriä oli, sijaitsivat uunin alaosassa (1A2, 1A3, 1A5, 1A6, 1A8). Lämpötilalla voi siis olla rooli tässä, sillä alhaallahän oli kuumempaa.

Mielenkiintoista oli myös huomata, että alemmassa sarjassa kiteitä ei muodostunut yhteenkään niistä koepaloista, joissa oli vähänkään punaista.

Odotetusti koesarjan vasemmalla puolella, missä kuparipitoisuudet ovat pienimpiä, koepalat ovat varsin vaaleita. Jännittävää on huomata, että tänne on muodostunut kuitenkin kiteitä ja nekin ovat suureksi osaksi valkeita hennolla vaaleansinisellä sävyllä. Koepalassa 1A9, jossa on suurimmat tina- ja kuparipitoisuudet, on myös eniten kiteitä sekä sinistä, pelkistymättömän kuparin väriä.

Ensimmäisen polton yläosan sarjassa oli ilahduttavaa huomata, että jokaisessa koepalassa oli muodostunut kiteitä. Joissain tosin hyvin pieniä. Isoimmat kiteet löytyvät koepalasta 1Y2.

Mielenkiintoinen yksityiskohta löytyy koepalasta 1Y3. Lasituksessa joihinkin lautasiin jäi valumajälkiä lasitepisaroista, kun pyrittiin lautasta lasittaessa. Näissä kohdissa lasitetta on siis hiukan paksummin.

Kuvassa näkyy jälki tällaisesta valumajäljestä. Se erottuu erityisen hyvin, sillä jäljen kohdassa ei kiteitä ole muodostunut, vaan pinta on jäänyt matakse. Muuten koepalassa on muodostunut hyvin kiteitä ympäriinsä. Tämä voisi antaa vihjeen siitä, että liian paksussa lasitekerroksessa kiteitä ei synny.

Kuvat jokaisesta koepalasta löytyvät **Liitteestä 3.**



Kuva 2. Ensimmäisessä poltossa uunin alaosassa olleet koepalat (1A1-9).



Kuva 3. Ensimmäisessä poltossa uunin yläosassa olleet koepalat (1Y1-9).

3.2 Toinen vaihe

Toisen vaiheen esipoltto sähköuunissa onnistui paremmin kuin osasin odottaakaan (**Kuvat 4 ja 5**). Kiteitä muodostui jokaiseen lautaseen ja ne olivat paljon kookkaampia verrattuna ensimmäiseen polttoon kaasuuunissa.



Kuva 4. Toisen vaiheen esipoltetut koepalat (2A1-9)



Kuva 5. Toisen vaiheen esipoltetut koepalat (2Y1-9)

Kiteiden muoto ja koko vaihteli kuitenkin merkittävästi sähköuunissakin, johtuen koepalojen sijainnista. Kaikki koepalat oli jaettu kolmelle uunilevylle uunin yläosaan.

Ylimmällä uunilevylä olivat koepala 2Y1, 2Y2, 2Y3, 2Y4, 2Y5 ja 2Y7. Näissä kaikissa paloissa kiteet täyttävät lähes koko lautasen pinnan yhtenäisenä mattona ja kiteet ovat kasvaneet kiinni toisiinsa.

Keskimmäisellä uunilevylä olivat koepalat 2Y6, 2Y8, 2Y9 sekä 2A1, 2A2, 2A7, ja alimmalla levylä loput toisen polton paloista. Vaikka levyjen korkeuseroissa ei ollut huimaavaa eroa, voi silti huomata kuinka paljon vähemmän kiteitä on muodostunut keskimmäiselle tasolle, ja alimmalle vieläkin vähemmän.

Kyse on luultavimmin lämpötilaeroista: Uunin ylimmässä osassa on kuuminta, jolloin kiteitä muodostuu enemmän (**Kuva 6.**). Alemmille levyille mentäessä kiteitä on harvassa ja ne ovat pehmeitä ja ympyränmallisia (**Kuva 7.**).



Kuva 6. Koepala 2Y5, jossa on paljon tiheää kidettä.



Kuva 7. Koepala 2A5, jossa on pyöreitä kiteitä harvassa.

Nopean pelkistyspolton jälkeenkin toisen polttoerän hallitseva väri on yhä vaaleansininen (**Kuvat 8. ja 9.**). Punaista väriä saatiin kuitenkin aikaiseksi erityisesti koepalassa 2A2. Siinä noin puolet lautasen taustasta on muuttunut läpikuultavan punaiseksi. Mielenkiintoista on huomata, että kiteet ovat pysyneet vaaleansinisinä. En osannut aavistaa, miten kiteet reagoisivat pelkistykseen, mutta ennako-oletus oli, että matalan pelkistyspolton ei ainakaan pitäisi sulattaa kiteitä. Muissakin koepaloissa esiintyy vaaleanpunaista sävyä, mutta erittäin hentona, ja lähinnä lautasen ulkoreunalla, missä lasitetta on ollut ohuiten. Useassa koepalassa näkyy vaaleanpunainen ohut reunus uloimman kiteen reunalla (lähikuva 2Y2). Tässä pelkistyspoltossa oli ilahduttavaa huomata, että punaista väriä saatiin aikaan sekä kaasuuunin ylä- että alaosaan. Kuitenkin punaisen värin vähäisyys kertoo mitä todennäköisimmin pelkistyksen heikosta laadusta.

Lisäksi muutamiaan aivan ylhäällä olleeseen koepalaan oli muodostunut keskelle nimenomaan kiteisiin tummanharmaa alue. Tumma väri voi olla peräisin pelkistyksessä syntyvästä savusta. Parhaiten ilmiö näkyy koepalassa 2Y9.



Kuva 8. Toisen vaiheen kaasuuunin alaosaan poltetut koepalat (2A1-9).



Kuva 9. Toisen vaiheen kaasuuunin yläosaan poltetut koepalat (2Y1-9).

3.3 Kolmas vaihe

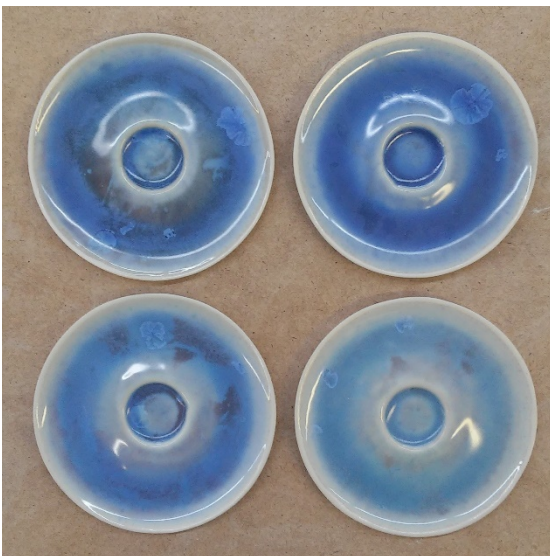
Kolmannen vaiheen esipoltossa muunnellun lasitekoesarjan lautaset saivat tummemman sinisen värin (**Kuvat 10. ja 11.**). Kiteitä myös muodostui huomattavasti vähemmän kuin edellisessä esipoltossa, mutta se saattaa johtua eri poltto-ohjelmasta, vaikkakin tämä ohjelma oli se, mihin alun perin pyrittiin lämpötilojen suhteen. Jokaisessa koepalassa muodostui kuitenkin jonkinasteisia kiteitä. Useimmissa lautasissa oli 2-4 isompaa kidekeskittymää, ja joissain vain ihan pieniä. Näyttäisi siltä, että kiteet muodostuvat helpommin kohtiin, jossa lasitetta ei ole äärettömän paksusti. Kuitenkin koepalassa 3X1M suurin kide on muodostunut juuri paksun kerroksen lasitteen alueelle, joten oletus ei välttämättä pidä täysin paikkaansa.



Kuva 10. Muunnellun lasitesarjan esipoltetut koepalat, jotka on lasitettu normaalisti (3-1M-4M).



Kuva 11. Muunnellun lasitesarjan esipoltetut koepalat, joista on lasitettu tuplamäärällä koepalojen ylempi puolisko (3X1M-4M).



Kuva 12. Muunnellun sarjan normaalisti lasitetut koepalat pelkistykseen jälkeen.



Kuva 13. Muunnellun sarjan pelkistetyt puoliksi tuplamäärällä lasitetta lasitetut palat.

Kuvissa 12. ja 13. on esitetty muunnellun lasitesarjan koepalat pelkistyksen jälkeen. Kaikissa koepaloissa voi huomata värin muutosta, mutta muutos ei ole järin merkittävää. Hallitseva väri on edelleen tummansininen ja pelkistys aiheutti ainoastaan häivähdyksen ”likaista” vaaleanpunaista.

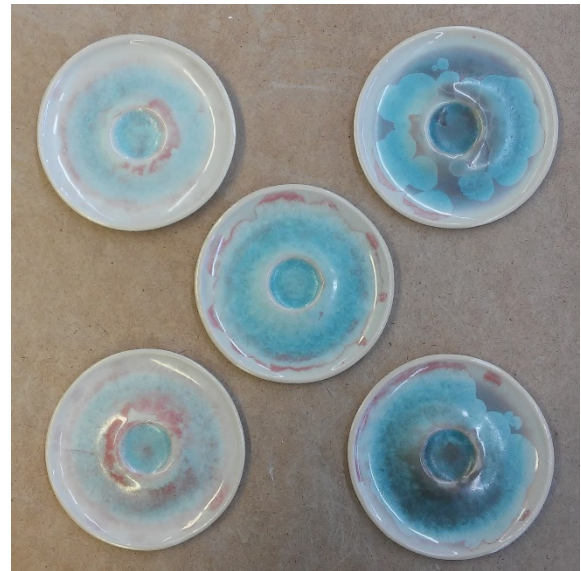
Muunnellun koesarjan palojen täydellinen polttohistoria kuvineen on **Liitteessä 5.**

Muunneltu koesarja ei sinänsä tuonut merkittävää lisätietoa tutkimuksen kannalta kiteistä eikä häränverestäkään. Näissä koepaloissa kun molemmat ominaisuudet näkyvät heikentyneen aiemmista koesarjoista. Syynä voi olla titaanioksidin ja kobolttikarbonaatin väärä suhde, jolloin kiteitä ei synnykään yhtä paljon. Todennäköisesti myös erilainen esipoltto eri uunissa voi olla tulosten aiheuttaja.

Kolmannessa vaiheessa toisen vaiheen uudelleenpelkistetyistä koepaloista tuli erittäin lupaavia tuloksia: kaikkiin paloihin syntyi punaista väriä edes jossain määrin (**Kuvat 14. ja 15.**). Eniten punaista syntyi kaasuuunin alaosassa, missä oli kuumempaa. Mielenkiintoista on huomata kuinka punainen on muodostunut. Kuten jo toisessa vaiheessa havaitsin, tällaisella pelkistysmenetelmällä punainen väri syntyy ensin ”taustaan”, eikä niinkään itse kiteisiin. Ilmiötä voi havaita lisää tässä poltossa. Erityisesti koepaloissa 2A3 ja 2A5 miltei koko tausta on muuttunut punaiseksi. Tarkemmin tarkasteltua voi kuitenkin huomata kiteidenkin alkaneen muuttua punaisiksi koepalojen reunoilta päin. Tähän on luultavimmin syynä pidempi haudutusaika pelkistyksessä sekä kokonaisvaltaisesti voimakkaampi pelkistys edelliseen verrattuna. Pelkistyksen ollessa siis voimakkaampi, myös kiteet voivat alkaa muuttua häränveriseksi. Mielenkiintoinen ilmiö näkyy myös yläosan koepaloissa. Tiheäkiteisissä koepaloissa kiteiden reunat ovat muuttuneet punaisiksi jättäen taustan yhä vaaleaksi ja muodostaen näin ohuen punaisen renkaan kiteiden ympärille. Tummanharmaata väriä on myös odotetusti muodostunut lisää ylimpänä olleisiin paloihin. Uudelleenpelkistettyjen koepalojen täydellinen polttohistoria kuvineen löytyy **Liitteestä 4.**



Kuva 14. Kaasu-uunin alaosassa uudelleenpelkistetyt koepalat 2A1, 2A3, 2A5, 2A7, 2A9



Kuva 15. Kaasu-uunin yläosassa uudelleenpelkistetyt koepalat 2Y1, 2Y3, 2Y5, 2Y7, 2Y9

4 Johtopäätökset

Pääsin tutkimuksessani tyydyttävään lopputulokseen kidelasitteen sekä häränverilasitteen yhdistämisessä. Tulosten arvaamattomuudesta johtuen tutkimus eteni suurilta osin itsensä ehdoilla; seuraavat vaiheet tehtiin edellisistä vaiheista saatujen tulosten perusteella niihin reagoiden. Eli käytännössä, miten polttoolosuhteita muuttamalla voidaan pyrkiä haluttua lopputulosta kohti.

Opin tutkimusta tehdessäni paljon uunien polttotekniikoista ja nimenomaan kaasuuunista. Tärkeää oli myös oppia ymmärtämään kuinka pienetkin seikat voivat vaikuttaa polton lopputulokseen.

Tutkimukseni tuloksena sain varmistuksen sille, että häränveri-kidelasitetta voi saada melko helposti aikaan. Tosin aikaansaamani häränveri ei ollut ”täydellistä”, eli tumman- ja syvänpunaista. Näin ollen tutkimukseni pohjalta aiheen tutkimista on syytä jatkaa edelleen mahdollisesti löytäen vielä parempia tuloksia.

5 Lähteet

Markkula, S. 2016. Kidelasitteiden värit -esitutkimus kidelasitteiden värjäämiseen metalliyhdisteillä. Muotoilun laitos. Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu. Aalto-yliopisto. Tutkimusraportti.

Britt, J. 2007. The Complete Guide to High-Fire Glazes: Glazing & Firing at Cone 10. Lark Books, U.S.

Draney, Charles R. 1969. A Study of Macrocrystalline Glazes. Kansas State University.

<http://www.stoneware.net/stoneware/glasyrer/crystal.htm>

Opettaja Eeva Jokinen toimi henkilökohtaisena tiedonantajana koko tutkimuksen ajan 19.2.-26.3.2018

6 Liitteet

Liite 1. Yhdeksän lasitteen koesarjan reseptit, luvut ovat grammoina.

Lasitteen numero ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kalimaasälpä	28,7	28,7	28,7	28,7	28,7	28,7	28,7	28,7	28,7
Bariumkarbonaatti	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Dolomiitti	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Sinkkioksidi	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4	19,4
Litiumkarbonaatti	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Kaoliini	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Kvartsi	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
Bentoniitti	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vesi	130	130	130	130	130	130	130	130	130
Tinaoksidi (SnO ₂)	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2
Kuparikarbonaatti (CuCO ₃)	0,2	0,6	1	0,2	0,6	1	0,2	0,6	1

Liite 2. Neljän muunnellun lasitteen reseptit, luvut ovat grammoina.

Lasitteen numero ->	1	2	3	4
Kalimaasälpä	28,7	28,7	28,7	28,7
Bariumkarbonaatti	4,6	4,6	4,6	4,6
Dolomiitti	3,7	3,7	3,7	3,7
Sinkkioksidi	19,4	19,4	19,4	19,4
Litiumkarbonaatti	7,4	7,4	7,4	7,4
Kaoliini	2,8	2,8	2,8	2,8
Kvartsi	33,3	33,3	33,3	33,3
Bentoniitti	1	1	1	1
Vesi	130	130	130	130
Tinaoksidi (SnO ₂)	1	1	1	1
Kuparikarbonaatti (CuCO ₃)	0,6	0,6	0,6	0,6
Kobolttikarbonaatti (CoCO ₃)	0,1	0,1	0,2	0,2
Titaanioksidi (TiO ₂)	5	7	5	7

Liite 3. Ensimmäisen polton koepalat.



1A1



1A2



1A3



1A4



1A5



1A6



1A7



1A8



1A9



1Y1



1Y2



1Y3



1Y4



1Y5



1Y6



1Y7



1Y8



1Y9

Liite 4. Toisen polton koepalat ja niiden pelkistysvaiheet.



2A1 esipolton jälkeen



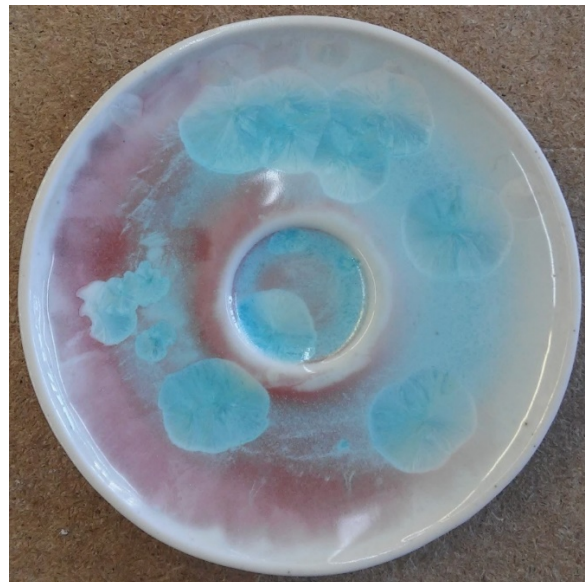
2A1 ensimmäisen pelkistyksen jälkeen



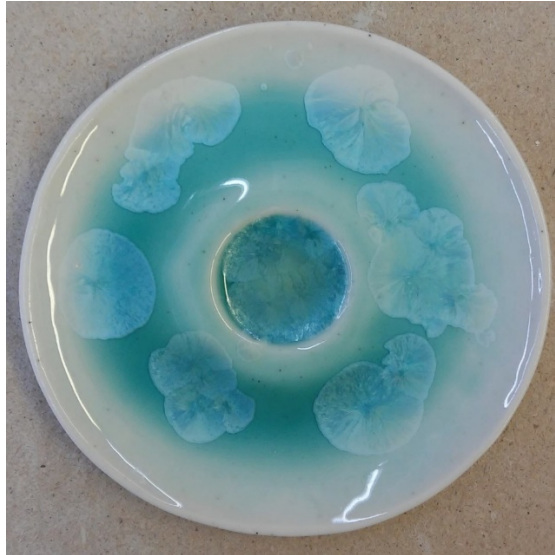
2A1 toisen pelkistyksen jälkeen



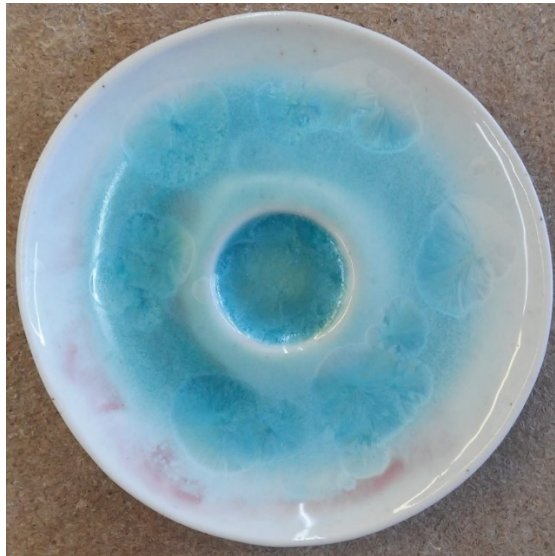
2A2 esipolton jälkeen



2A2 pelkistyksen jälkeen



2A3 esipolton jälkeen



2A3 ensimmäisen pelkistyksen jälkeen



2A3 toisen pelkistyksen jälkeen



2A4 esipolton jälkeen



2A4 pelkistyksen jälkeen



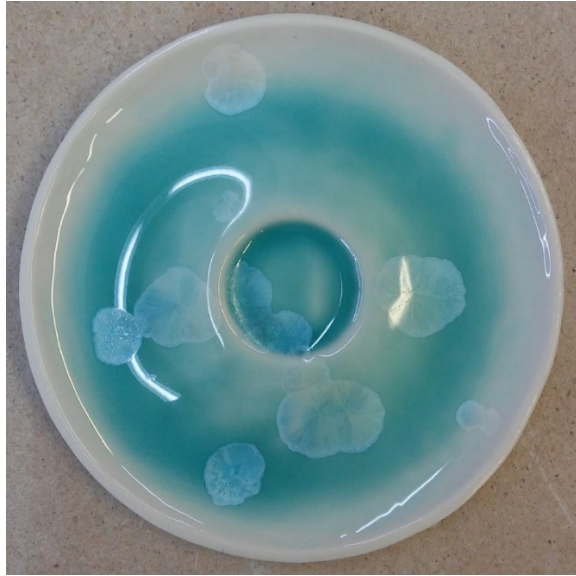
2A5 esipolton jälkeen



2A5 ensimmäisen pelkistyksen jälkeen



2A5 toisen pelkistyksen jälkeen



2A6 esipolton jälkeen



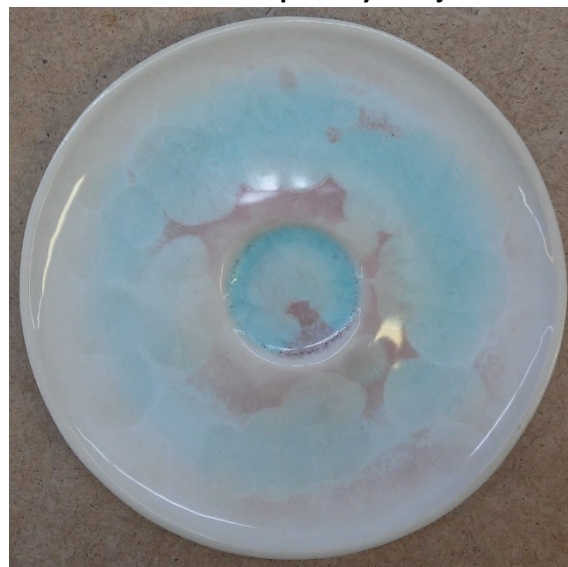
2A6 pelkistykseen jälkeen



2A7 esipolton jälkeen



2A7 ensimmäisen pelkistuksen jälkeen



2A7 toisen pelkistuksen jälkeen



2A8 esipolton jälkeen



2A8 pelkistuksen jälkeen



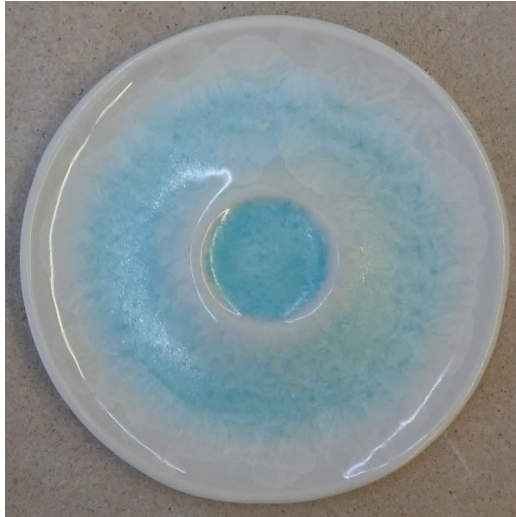
2A9 esipolton jälkeen



2A9 ensimmäisen pelkistykseen jälkeen



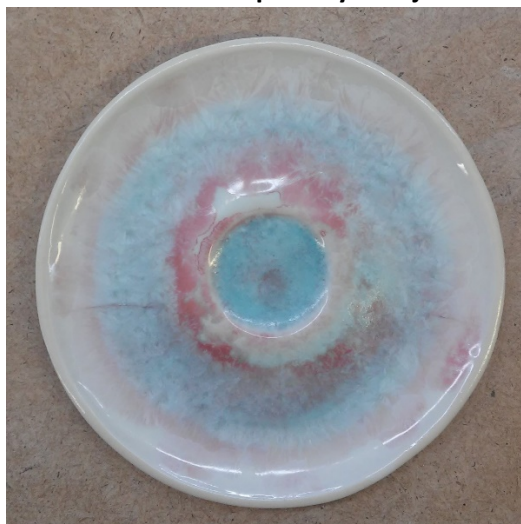
2A9 toisen pelkistykseen jälkeen



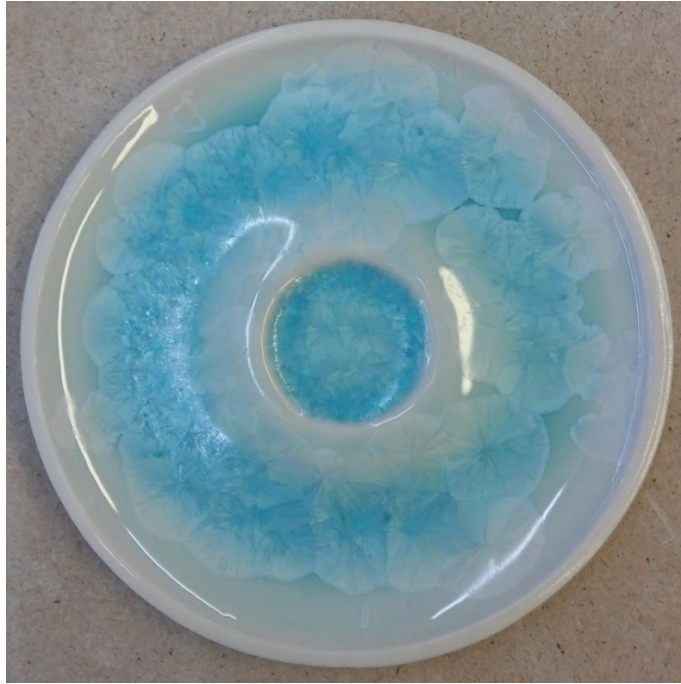
2Y1 esipolton jälkeen



2Y1 ensimmäisen pelkistyksen jälkeen



2Y1 toisen pelkistyksen jälkeen



2Y2 esipolton jälkeen



2Y2 pelkistuksen jälkeen



2Y3 esipolton jälkeen



2Y3 ensimmäisen pelkistykseen jälkeen



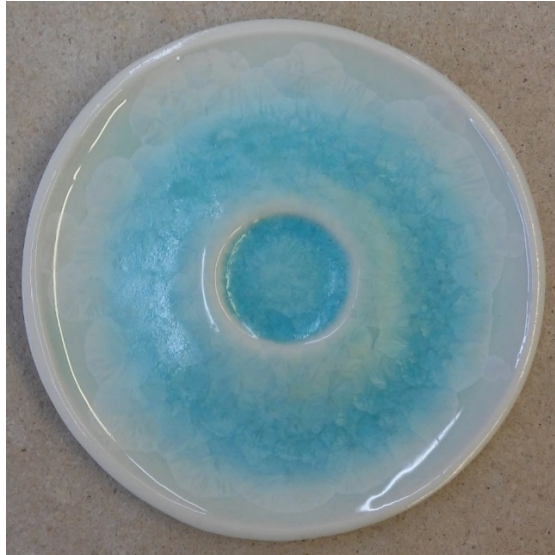
2Y3 ensimmäisen pelkistykseen jälkeen



2Y4 esipolton jälkeen



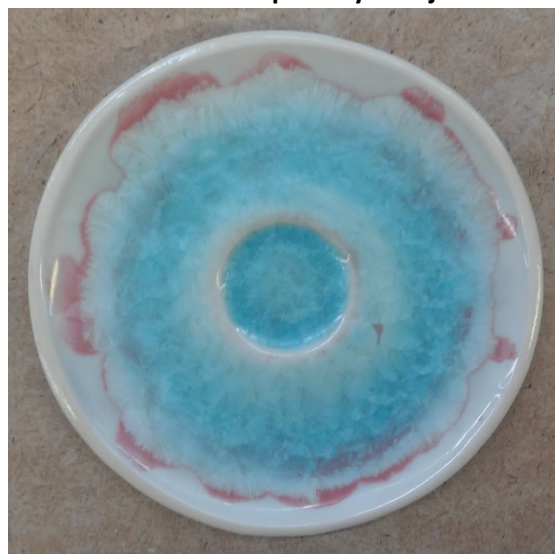
2Y4 pelkistuksen jälkeen



2Y5 esipolton jälkeen



2Y5 ensimmäisen pelkistyksen jälkeen



2Y5 toisen pelkistyksen jälkeen



2Y6 esipolton jälkeen



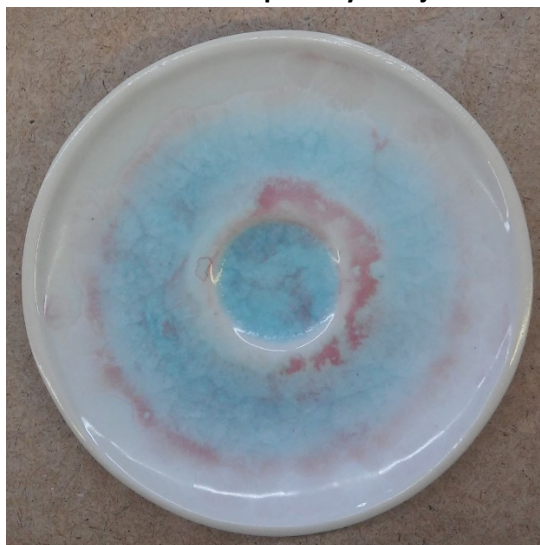
2Y6 pelkistuksen jälkeen



2Y7 esipolton jälkeen



2Y7 ensimmäisen pelkistuksen jälkeen



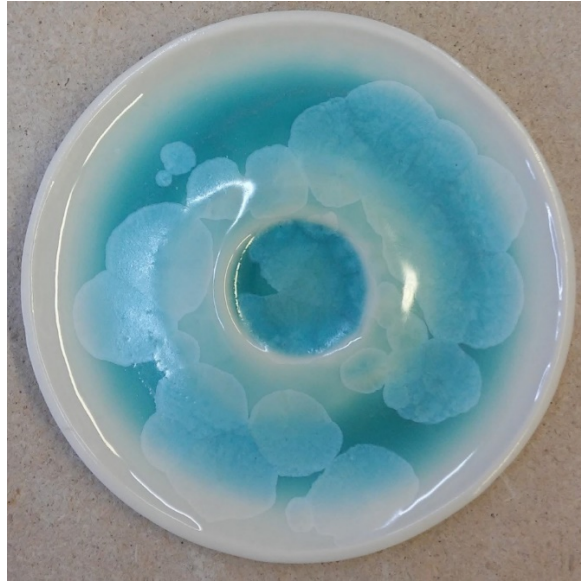
2Y7 toisen pelkistuksen jälkeen



2Y8 esipolton jälkeen



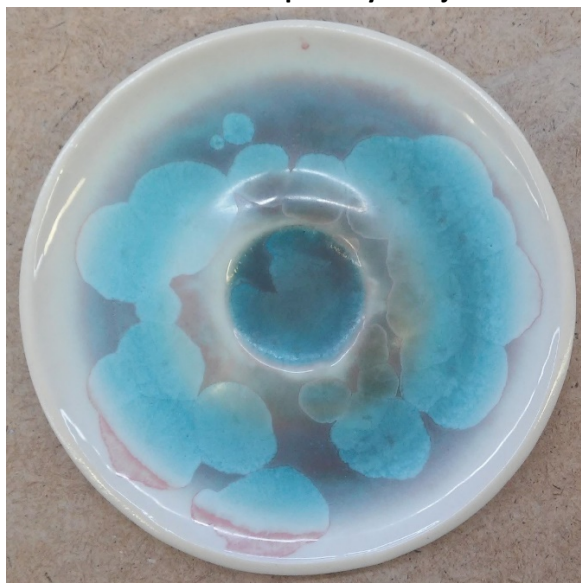
2Y8 pelkistyksen jälkeen



2Y9 esipolton jälkeen



2Y9 ensimmäisen pelkistuksen jälkeen

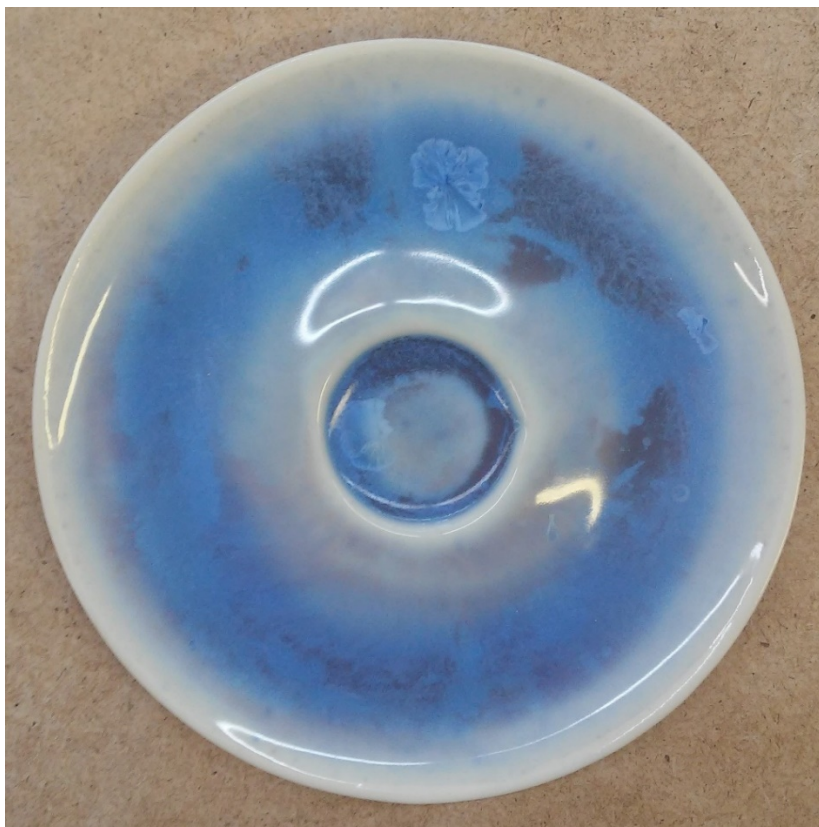


2Y9 toisen pelkistuksen jälkeen

Liite 5. Muunnellun reseptin koesarjat ja niiden pelkistysvaiheet.



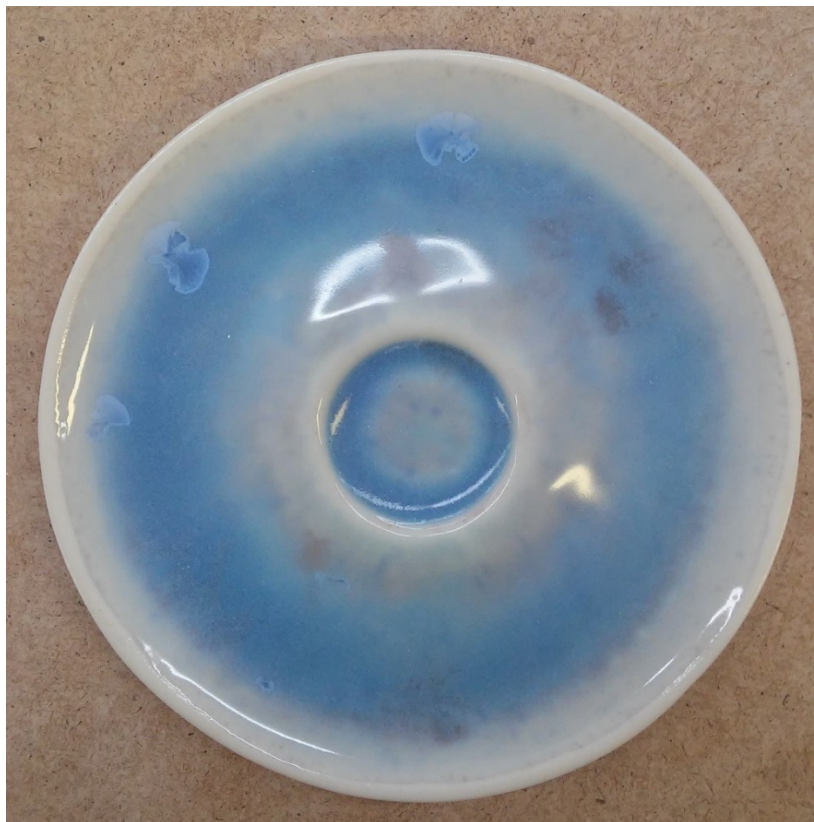
3-1M esipolton jälkeen



3-1M pelkistyksen jälkeen



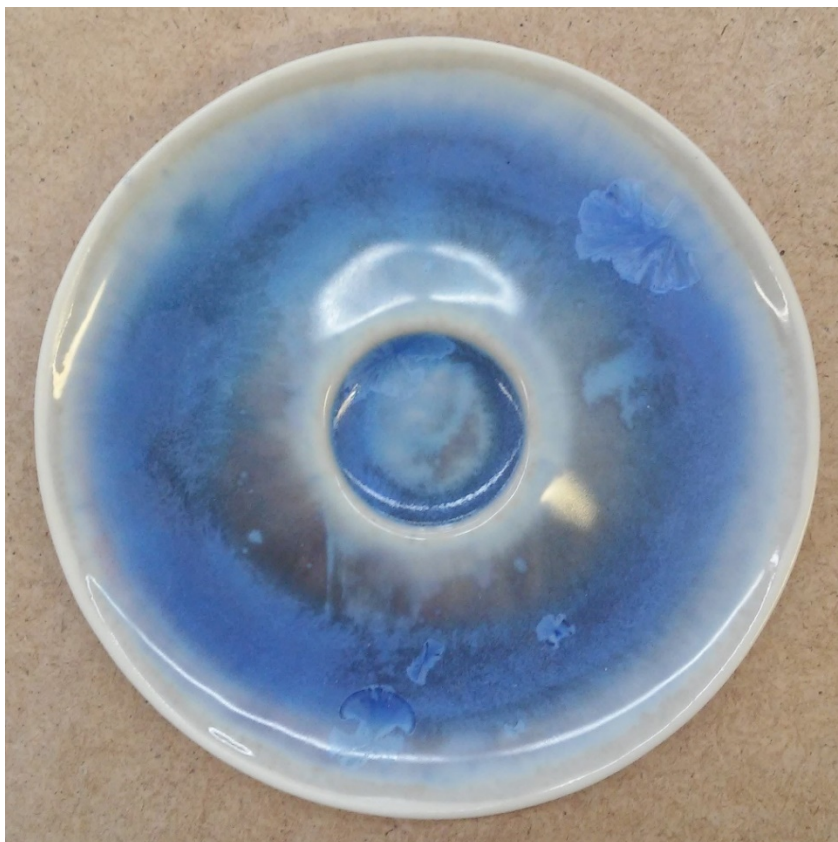
3-2M esipolton jälkeen



3-2M pelkistyksen jälkeen



3-3M esipolton jälkeen



3-3M pelkistyksen jälkeen



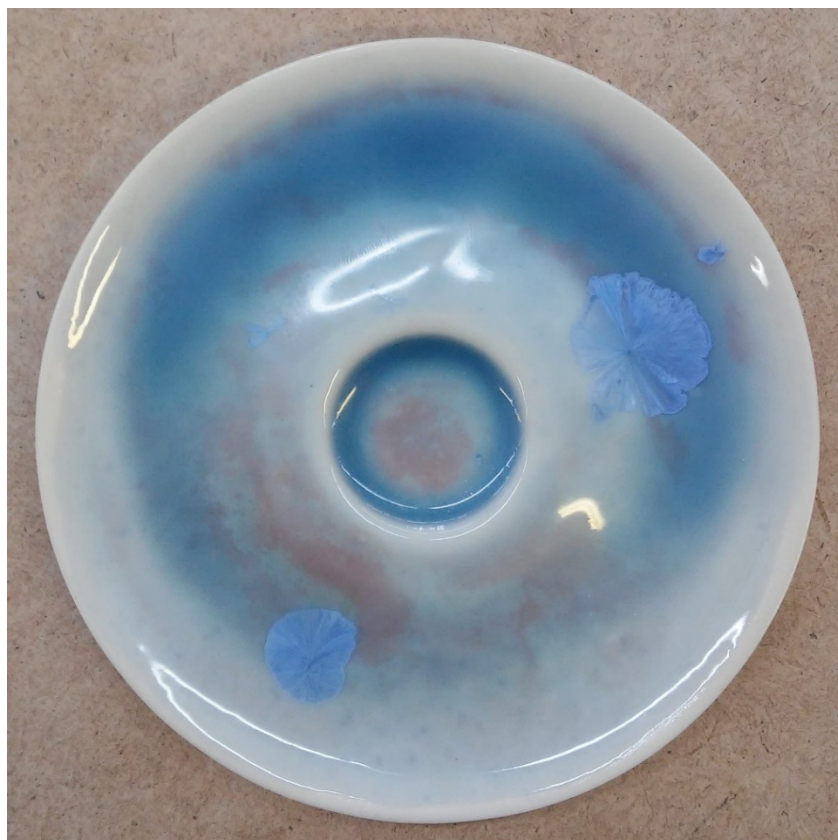
3-4M esipolton jälkeen



3-4M pelkistuksen jälkeen



3X1M esipolton jälkeen



3X1M pelkistykseen jälkeen



3X2M esipolton jälkeen



3X2M pelkistuksen jälkeen



3X3M esipolton jälkeen



3X3M pelkistuksen jälkeen



3X4M esipolton jälkeen



3X4M pelkistuksen jälkeen